

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



2812  
0402

503.39581X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): T. USUI, ET AL.

Serial No.: 09 / 788,629

Filed: FEBRUARY 16, 2001

Title: "PROCESS MONITORING METHODS IN A PLASMA PROCESSING APPARATUS, MONITORING UNITS, AND A SAMPLE PROCESSING METHOD USING THE MONITORING UNITS".

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

RECEIVED  
MARCH 9 2001  
TC 280 MAIL ROOM

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s)  
the right of priority based on:

Japanese Patent Application No. 2000 - 043575 Filed: February 16, 2000  
Japanese Patent Application No. 2000 - 219557 Filed: July 19, 2000

A certified copy of each Japanese Patent Application is attached.

RECEIVED  
AUG 9 2001  
TC 1700

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/rp  
Attachment



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 7月19日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-219557

出 願 人  
Applicant (s):

株式会社日立製作所

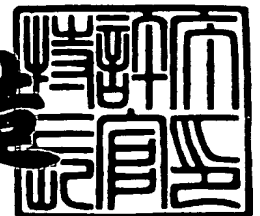
RECEIVED  
MAY - 9 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED  
AUG 06 2001  
TC 1700

2001年 2月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3005782

【書類名】 特許願

【整理番号】 KS32

【提出日】 平成12年 7月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 山口県下松市東豊井 7 9 4 番地 株式会社 日立製作所  
笠戸事業所内

【氏名】 小野 哲郎

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 臼井 建人

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 三瀬 信行

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】 武 顕次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006770

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電位差測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の導体アンテナと、前記一対の導体アンテナ間に接続された発光素子と、前記発光素子に並列接続された交流電圧バイパス素子とを備えた電位差測定部材を用いる電位差測定方法であって、前記一対の導体アンテナを被測定物体の電位測定点にそれぞれ配置接続し、そのときに前記発光素子が出力する発光強度を検出することによって前記各電位測定点の直流電位差を測定することを特徴とする電位差測定方法。

【請求項 2】 前記発光素子は、1 個または 2 個以上の発光ダイオードであることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の電位差測定方法。

【請求項 3】 前記電位差測定部材は、前記被測定物体における離間した各電位測定点にそれぞれ配置接続される複数の電位差測定部材からなり、前記各電位差測定部材の発光素子は、それぞれ発光しきい値を異にする発光ダイオードを用い、前記各発光ダイオードの発光または非発光を検出することによって前記各被電位測定点の直流電位差を測定することを特徴とする請求項 2 に記載の電位差測定方法。

【請求項 4】 前記発光しきい値を異にする発光ダイオードは、発光色が異なる発光ダイオードであることを特徴とする請求項 3 に記載の電位差測定方法。

【請求項 5】 前記発光素子は、直列接続された複数の発光ダイオードであることを特徴とする請求項 2 に記載の電位差測定方法。

【請求項 6】 前記電位差測定部材は、前記被測定物体における離間した各電位測定点にそれぞれ配置接続される複数の電位差測定部材からなり、前記各電位差測定部材の発光素子は、それぞれ直列接続された 1 個または複数の発光ダイオードを用い、前記直列接続された 1 個または複数の発光ダイオードの発光または非発光を検出することによって前記各被電位測定点の直流電位差を測定することを特徴とする請求項 2 に記載の電位差測定方法。

【請求項 7】 前記発光素子は、互いに逆極性に並列接続された一対の発光ダイオードであり、前記一対の発光ダイオードの発光または非発光を検出するこ

とによって前記被電位測定点の直流電位差とその電圧極性とを測定することを特徴とする請求項 2 に記載の電位差測定方法。

【請求項 8】 前記交流電圧バイパス素子は、コンデンサであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の電位差測定方法。

【請求項 9】 前記電位差測定部材は、前記発光素子に直列または並列に抵抗素子が接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の電位差測定方法。

【請求項 10】 前記電位差測定部材は、前記発光素子に近接配置された光ファイバーを備え、前記発光素子の発光を前記光ファイバーを通して検出していることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の電位差測定方法。

【請求項 11】 前記被測定物体は、半導体ウエハであり、前記電位測定点は、前記半導体ウエハ表面の離間した 2 点であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の電位差測定方法。

【請求項 12】 前記半導体ウエハは、表面処理加工を行うプラズマ発生装置内に配置されているものであることを特徴とする請求項 11 に記載の電位差測定方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、電位差測定方法に係わり、特に、半導体製造工程において、半導体ウエハの表面処理加工を行うために半導体ウエハをプラズマ発生装置内に配置した際に、プラズマ中ある半導体ウエハ上に発生する直流電位差を測定する電位差測定方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来技術】

一般に、半導体製造工程においては、半導体ウエハに対してエッチング等の各種の表面加工を行う必要があり、その表面加工を行う加工装置としては、電磁波を用いてプラズマを発生させるプラズマ発生装置を用いることが主流となっている。この場合、プラズマ発生装置においては、電磁波やプラズマによって、プラ

ズマ発生装置内の空間部に強い電界強度が発生するだけでなく、処理台（試料台）上に載置した半導体ウエハ表面にも強い電界強度が発生する。そして、半導体ウエハ表面に強い電界強度が発生すると、その電界強度により半導体ウエハ表面に電位差が発生し、その電位差が所定値を超えるようになった場合、半導体ウエハが破損することがある。このため、プラズマ発生装置を用いて半導体ウエハの表面加工を行う際には、半導体ウエハ上の電位差を測定することが重要になる。

#### 【0003】

この場合、プラズマ発生装置内の電界強度や電位差を測定する方法としては、代表的なものとして探針法（以下、これを既知の第1方法という）がある。この既知の第1方法は、プラズマ雰囲気中に導体針を挿入し、探針によって導体針の電圧－電流特性を検出することにより、プラズマ発生装置内の電界強度や電位差を測定するものである。

#### 【0004】

また、平成11年春季第46回応用物理学関連連合講演会講演予稿集第775ページには、プラズマ発生装置内にある半導体ウエハの電位を測定する方法（以下、これを既知の第2方法という）が開示されている。この既知の第2方法は、プラズマ発生装置内にあり、半導体ウエハを載置する試料台に予め探針を埋め込んでおき、半導体ウエハの電位を測定する代わりに、試料台に載置される半導体ウエハの位置に発生すると思われる電位を埋め込んだ探針によって測定するものである。

#### 【0005】

#### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、プラズマ発生装置内にある半導体ウエハ上の電位差を測定する既知の第1方法は、プラズマ雰囲気中で探針により導体針の電圧－電流特性を検出するものであるため、導体針に発生する検出出力を外部に取り出すための接続導線が必要になったり、その上、プラズマが真空容器内に発生するものであることから、真空容器にこの接続導線を中継する中継端子を設ける必要があったりし、全体的にプラズマ発生装置の構造が複雑になり、簡便な手段による半導体ウエハ上の電位差の測定ができないものである。



## 【 0 0 0 6 】

また、プラズマ発生装置内にある半導体ウエハ上の電位差を測定する既知の第2方法は、半導体ウエハを載置する試料台に探針を埋め込んでいるものであるため、特殊な構成の試料台が必要になるだけでなく、この試料台を用いて半導体ウエハ上の電位差を測定した後、この試料台上で半導体ウエハの表面加工を行うことが難しく、半導体ウエハ上の電位差の測定を行う場合と半導体ウエハの表面加工を行う場合とで試料台を交換する必要があり、その分、プラズマ発生装置のコストが増大し、かつ、処理工程が増えることになる。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、このような技術的背景に鑑みてなされたもので、その目的は、簡単な構成を有する電位差測定部材を用い、被測定物体上の直流電位差を簡便な手段によって測定を行うことを可能にした電位差測定方法を提供することにある。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明による電位差測定方法は、一対の導体アンテナと、一対の導体アンテナ間に接続された発光素子と、発光素子に並列接続された交流電圧バイパス素子とを備えた電位差測定部材を用いるものであって、一対の導体アンテナを被測定物体の電位測定点にそれぞれ配置接続し、そのときに発光素子が出力する発光強度を検出することによって各電位測定点の直流電位差を測定する手段を具備する。

## 【 0 0 0 9 】

前記手段によれば、一対の導体アンテナを被測定物体の各電位測定点にそれぞれ配置接続すると、各電位測定点間に直流電位差がある場合、その直流電位差に応じて発光素子、好ましくは発光ダイオードが発光するので、被測定物体が内蔵されている機器、例えばプラズマ発生層の外部からその発光強度を目視により、または、CCD（電荷結合素子）カメラ等の光学機器で検出することにより、各電位測定点間の直流電位差を測定することができるもので、検出出力を取り出すための接続導線や、検出用導体針を埋め込んだ試料台を設ける必要がない。

## 【 0 0 1 0 】

この場合、発光素子に並列に交流電圧バイパス素子、好ましくはコンデンサが接続されているので、各電位測定点間に発生する交流電位差はこの交流電圧バイパス素子によりバイパスされ、各電位測定点間の直流電位差だけを測定することができるものである。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 1 の実施の形態を示す回路構成図である。

【 0 0 1 3 】

図 1 に図示されるように、第 1 の実施の形態による電位差測定部材は、発光素子である発光ダイオード 1 と、発光ダイオード 1 に並列接続された交流電圧バイパス素子であるコンデンサ 2 と、発光ダイオード 1 の両端にそれぞれ接続された導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  とからなっている。

【 0 0 1 4 】

この電位差測定部材を用いて被測定物体の 2 点間、例えば半導体チップ表面の 2 点間の直流電位差を測定する際に、その 2 点間の直流電位差の極性が判っている場合、導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  のそれぞれを、発光ダイオード 1 に電流が流れるような極性で前記 2 点に配置接続すると、発光ダイオード 1 に前記 2 点間の直流電位差に応じた大きさの電流が流れ、それにより発光ダイオード 1 が発光し、発光ダイオード 1 から放射光 4 を出力する。このとき、この放射光 4 の光強度を目視により、または、CCD カメラ等の光学機器で検出し、その検出結果に基づいて前記 2 点間の直流電位差を測定する。この場合、放射光 4 の光強度と前記 2 点間の直流電位差との対応関係は、検出した光強度から直ちに直流電位差を算出するようにしてもよいが、正確な直流電位差を得たい場合、予め作成してある光強度と直流電位差との関係を示す校正曲線を用いて算出するようにしてもよい。

【 0 0 1 5 】

また、この電位差測定部材は、発光ダイオード 1 に並列に交流電圧成分をバイ

パスするコンデンサ 2 が接続されているので、交流電圧成分はコンデンサ 2 によって発光ダイオード 1 をバイパスし、発光ダイオード 1 の発光に寄与することがない。このように、発光ダイオード 1 は、専ら 2 つの導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  間に得られる直流電位によってのみ発光するものであり、この電位差測定部材においては 2 点間の直流電位差だけを測定しているものである。なお、交流電圧バイパス素子は、コンデンサ 2 であることが好ましいが、コンデンサ 2 とコイルまたは抵抗等の他の素子とを組み合わせた複合素子であってもよい。

## 【 0 0 1 6 】

このように、第 1 の実施の形態による電位差測定部材は、被測定物体の 2 点間の直流電位差を測定する際に、発光ダイオード 1 から出力された放射光 4 の光強度の検出を、目視あるいは CCD カメラ等で行うことができるので、検出出力の取り出しに別途接続導線や探針等を必要としないものである。

## 【 0 0 1 7 】

次に、図 2 (a)、(b) は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 2 の実施の形態を示す回路構成図であって、この電位差測定部材を半導体ウエハ上に取り付け、半導体ウエハ上の 2 点間の電位差を測定する際の状態を示すもので、(a) は上面図、(b) はその A - A' 線部分の断面図である。

## 【 0 0 1 8 】

図 2 (a)、(b) に図示されるように、シリコン等からなる半導体ウエハ 5 は表面に絶縁膜 6 が堆積されており、その絶縁膜 6 上に電位差測定部材が配置接続される。この場合、電位差測定部材は、直流電位差の極性も合わせて測定するため、発光素子として逆並列接続された 2 個の発光ダイオード  $1_1$ 、 $1_2$  が用いられている。また、交流電圧バイパス素子として、コンデンサ 2 が逆並列接続された 2 個の発光ダイオード  $1_1$ 、 $1_2$  に並列接続されている。2 個の発光ダイオード  $1_1$ 、 $1_2$  の両端に共通接続された導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  は、アルミ薄膜からなる。この例においては、半導体ウエハ 5 の中心部分と周辺部分との間に発生する直流電位差を測定するために、アルミ薄膜からなる導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  をそれぞれ半導体ウエハ 5 の中心部分と周辺部分に配置接続している。なお、

図 2 (a)、(b) において、図 1 に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

#### 【 0 0 1 9 】

この第 2 の実施の形態による電位差測定部材の動作は、直流電位差の極性に応じて 2 個の発光ダイオード  $1_1$ 、 $1_2$  の中の一方の発光ダイオードだけが放射光 4 を出力する点で、第 1 の実施の形態による電位差測定部材の動作とやや異なっているものの、本質的な動作や得られる効果は第 1 の実施の形態による電位差測定部材の動作や得られる効果と同じである。このため、第 2 の実施の形態による電位差測定部材の動作や得られる効果については、これ以上の説明は省略する。

#### 【 0 0 2 0 】

図 3 は、本発明の電位差測定方法が実施されるプラズマ発生装置の概略構成を示す断面図であって、試料台に表面加工される半導体チップが載置されている状態を示すものである。

#### 【 0 0 2 1 】

図 3 に図示されるプラズマ発生装置においては、プラズマ発生領域内に得られるプラズマの不均一等の原因によって半導体ウエハ 5 の表面に直流電位差が発生し、半導体ウエハ 5 の表面にこのような直流電位差が発生すると、半導体ウエハ 5 上のゲート酸化膜が絶縁破壊されるようになるので、半導体ウエハ 5 上の直流電位差を測定することが重要になっている。

#### 【 0 0 2 2 】

図 3 に図示されるように、プラズマ発生装置は、内部にプラズマ P が形成される真空容器 7 と、真空容器 7 の一方の開口部分を封止するように配置されたマイクロ波導入窓 8 と、真空容器 7 の外部周面に配置された電磁石 9 と、真空容器 7 内に配置され、半導体ウエハ 5 が載置される試料台 10 と、真空容器 7 の他方の開口部分を封止するように配置された排気口 11 と、マイクロ波導入窓 8 の外部に結合配置されたマイクロ波導波管 12 と、マイクロ波導波管 12 の他端側に接続されたマイクロ波電源 13 と、試料台 10 に接続された高周波電源 14 と、マイクロ波導波管 12 における真空容器 7 内部が見える位置に設けられた覗き窓 15 と、覗き窓 15 の外部に設置された干渉フィルタ 17 付きの CCD (電荷結合

素子)等からなるカメラ16と、カメラ16に接続された信号処理装置18とを備えている。また、図3に図示されていないが、半導体ウエハ5上には、例えば図1に図示されるような電位差測定部材が配置接続されている。

#### 【0023】

この場合、マイクロ波導入窓8は、石英等のマイクロ波を透過する物質からなる。電磁石9は、真空容器7の内部に強力な磁場を発生させるもので、その磁場強度は、マイクロ波導入窓8を通して真空容器7の内部に供給されるマイクロ波周波数と共鳴を起すような値に設定されており、例えばマイクロ波周波数が2.45GHzである場合、磁場強度が875ガウスである。高周波電源14は、試料台10に接続され、試料台10上の半導体ウエハ5に入射されるイオンを加速するものである。また、信号処理装置18は、パソコン等の汎用的な信号処理装置からなっている。

#### 【0024】

CCDカメラ16は、マイクロ波導波管12の覗き窓15に対応する位置に設置されており、半導体ウエハ5上に配置されている発光ダイオード1から出力された放射光4の光強度を検出測定する。このとき、カメラ16の入力部に設けられた干渉フィルタ17は、発光ダイオード1の発光波長に合うように構成されているもので、プラズマPの発光成分を除去し、放射光4の光強度だけを有効に検出測定できるようにしている。カメラ16で検出された検出出力は、信号処理装置18に供給され、信号処理装置18で直流電位差を表す値に変換される。このように、プラズマ発生装置の外部に設置したカメラ16を用いることにより、半導体ウエハ5の表面に配置接続された導体アンテナ3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub>間に得られた直流電位差を、発光ダイオード1が出力する放射光4の光強度を検出することによって測定することができるものである。

#### 【0025】

この場合、発光ダイオード1に並列接続されるコンデンサ2の容量値は、高周波電源14の出力周波数に依存して決められるもので、予めその出力周波数の出力電圧を電位差測定部材に印加し、そのときに発光ダイオード1が放射光4を出力しないような容量値に設定すればよい。例えば、高周波電源14の出力周波数

が 4 0 0 k H z 乃至 1 M H z の範囲内にある場合、コンデンサ 2 の容量値は 0.1 乃至 1  $\mu$  F が適していることが実験によって確認されている。

## 【 0 0 2 6 】

また、導体アンテナ 3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> の占有面積は、イオンの密度に依存して決められる。一般に、エッチングに用いるプラズマ発生装置は、飽和イオン電流密度が 0.5 乃至 5 m A / c m<sup>2</sup> の範囲内で、発光ダイオード 1 のオン電流（発光時の通流電流）は 1 m A 程度であるので、導体アンテナ 3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> の占有面積は 0.1 乃至 2 c m<sup>2</sup> の範囲内が好適である。なお、半導体ウエハ 5 表面における導体アンテナ 3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> の配置接続箇所を順次変えることにより、半導体ウエハ 5 表面の直流電位差の分布状態を測定することができる。

## 【 0 0 2 7 】

図 3 に図示のプラズマ発生装置を用いた場合には、発光ダイオード 1 から出力される放射光 4 の光強度が弱くなるように、プラズマ発生装置の動作状態や半導体ウエハ 5 のエッチング条件を決定し、半導体ウエハ 5 を交換するだけで、半導体ウエハ 5 表面の直流電位差の測定とエッチング処理とを行うことができる。すなわち、同じプラズマ発生装置を用いて、半導体ウエハ 5 表面の直流電位差の測定及び半導体ウエハ 5 のエッチング処理を行うことができるので、半導体ウエハ 5 加工処理時の作業時間を短縮することができ、かつ、加工処理精度を向上させることができる。この場合、発光ダイオード 1 から出力される放射光 4 の光強度は、発光ダイオード 1 とカメラ 1 6 間の距離、覗き窓 1 5 の構成材料の光透過率等に依存するので、直流電位差の絶対値を求めるためには、前記距離や前記光透過率を測定した後、その測定値を用いて得られた測定値の校正を行うようにすればよい。また、このような校正作業を行わなくても、半導体ウエハ 5 表面の直流電位差の相対的大小関係は、発光ダイオード 1 から出力される放射光 4 の光強度により概略的に認識することは可能である。

## 【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 3 の実施の形態を示す回路構成図であって、2 組の電位差測定部材を半導体ウエハ 5 表面に離間した状態で並列的に配置接続したものであり、2 組の電位差測定部材に

用いる発光ダイオードとして発光を開始するしきい値電圧が異なるものを用いた例を示すものである。

#### 【0029】

図4に図示されるように、半導体ウエハ5表面には、第1組の電位差測定部材と第2組の電位差測定部材とが並列的に配置接続され、第1組の電位差測定部材の発光素子として赤色発光ダイオード $1_3$ を用い、第2組の電位差測定部材の発光素子として青色発光ダイオード $1_4$ を用いている。なお、図4において、図1に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

#### 【0030】

一般に、発光ダイオード1は、発光色が異なる場合、発光を開始するしきい値電圧（以下、これを発光しきい値電圧という）がそれぞれ異なっている。例えば赤色発光ダイオード $1_3$ の発光しきい値電圧は1.5V前後であるのに対して、青色発光ダイオード $1_4$ の発光しきい値電圧は4.0V程度である。このため、発光ダイオードに赤色発光ダイオード $1_3$ を用いた第1組の電位差測定部材においては、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間に1.5V程度の直流電位差が加わった状態で赤色発光ダイオード $1_3$ がオン状態になり、赤色発光ダイオード $1_3$ から赤色放射光が出力される。これに対して、発光ダイオードに青色発光ダイオード $1_4$ を用いた第2組の電位差測定部材においては、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間に1.5V程度の直流電位差が加わっても、青色発光ダイオード $1_4$ がオン状態にならず、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間に4.0V程度の直流電位差が加わったとき、始めて青色発光ダイオード $1_4$ がオン状態になり、青色発光ダイオード $1_4$ から青色放射光が出力される。

#### 【0031】

なお、第3の実施の形態による電位差測定部材において、第1組及び第2組の電位差測定部材に加えて、第3組の電位差測定部材を用い、第3組の電位差測定部材の発光ダイオードとして1.5Vと4.0Vとの中間の直流電位差、例えば3.0V程度の直流電位差が加わった状態でオン状態になる他色の発光ダイオードを用いるようにしてもよい。この場合、第3の実施の形態による各組の電位差測定部材においても、第2の実施の形態のように、発光ダイオード $1_3$ 、 $1_4$ と

して逆極性に並列接続された同じ発光色の発光ダイオードを用いるようにすれば、直流電位差の極性も同時に測定することが可能になる。

#### 【0032】

このように、第3の実施の形態による電位差測定部材は、被測定物体の2点間の直流電位差を測定する際に、その直流電位差に応じて、異なる発光しきい値電圧を持つ1つまたはそれ以上の発光ダイオード $1_3$ 、 $1_4$ がオン状態になり、オン状態になった発光ダイオード $1_3$ 、 $1_4$ から放射光が出力されるので、その放射光の色を見ることによって直流電位差を測定することが可能になる。そして、この場合においても、発光ダイオード $1_3$ 、 $1_4$ から出力された放射光4の検出を、目視あるいはCCDカメラ等で行うことができるので、検出出力の取り出しに別途接続導線や探針等を必要としないものである。

#### 【0033】

ところで、第3の実施の形態においては、第1組及び第2組の電位差測定部材における導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ を共用することが考えられるが、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ を共用した場合、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が赤色発光ダイオード $1_3$ の発光しきい値電圧1.5Vに達すると、赤色発光ダイオード $1_3$ が放射光4を出力し、直流電位差が1.5Vであることを測定することができるものの、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が1.5Vを超えた場合に、この直流電位差が赤色発光ダイオード $1_3$ の発光しきい値電圧によって制限されてしまい、直流電位差の測定値が不正確なものになってしまう。

#### 【0034】

続く、図5は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第4の実施の形態を示す回路構成図であって、電位差測定部材において測定可能な直流電位差の範囲を拡大するようにした一つの回路例を示すものであり、3組の電位差測定部材を半導体ウエハ5表面に離間した状態で並列的に配置接続しているものである。なお、図5において、図4に図示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

#### 【0035】

図5に図示されるように、第4の実施の形態による電位差測定部材は、第1組



の電位差測定部材に発光しきい値電圧が1.5Vの赤色発光ダイオードを $1_3$ を1個接続したものをを用い、第2組の電位差測定部材に発光しきい値電圧が1.5Vの赤色発光ダイオード $1_3$ 、 $1_3$ を2個直列接続したものをを用い、第3組の電位差測定部材に発光しきい値電圧が1.5Vの赤色発光ダイオード $1_3$ 、 $1_3$ 、 $1_3$ を3個直列に接続したものをを用いているもので、直列接続される赤色発光ダイオード $1_3$ の数を変えることにより、赤色発光ダイオードの直列接続回路全体の発光しきい値をそれぞれ異なるようにしているものである。例えば、発光しきい値電圧が1.5Vの赤色発光ダイオード $1_3$ を1個接続した回路は、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が1.5Vに達したときに放射光4を出力し、同じ赤色発光ダイオード $1_3$ 、 $1_3$ を2個直列接続した回路は、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が3.0Vに達したときに放射光4を出力し、同じ赤色発光ダイオード $1_3$ 、 $1_3$ 、 $1_3$ を3個直列に接続した回路は、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が4.5Vに達したときに放射光4を出力する。

## 【0036】

すなわち、第1乃至第3組の全て電位差測定部材の各赤色発光ダイオード $1_3$ のいずれも発光しない場合、直流電位差が1.5V未満であること、第1組の電位差測定部材の赤色発光ダイオード $1_3$ だけが発光した場合、直流電位差が1.5V乃至3.0Vの範囲内であること、第1及び第2組の電位差測定部材の双方の赤色発光ダイオード $1_3$ が発光した場合、直流電位差が3.0V乃至4.5Vの範囲内であること、第1乃至第3組の全て電位差測定部材の各赤色発光ダイオード $1_3$ が発光した場合、直流電位差が4.5Vに達したことをそれぞれ測定することができる。この場合に、各赤色発光ダイオード $1_3$ から出力される放射光4の光強度を、光強度対直流電位差の関係を表す校正曲線を用いて校正すれば、高精度で直流電位差を測定することができる。そして、この場合においても、赤色発光ダイオード $1_3$ から出力される放射光4の検出を、目視あるいはCCDカメラ等で行うことができるので、検出出力の取り出しに別途接続導線や探針等を必要としない。

## 【0037】

第4の実施の形態による電位差測定部材は、電位差測定部材の組数を増やし、

増やした組に対してそれぞれ直列接続する赤色発光ダイオード $1_3$ の数を1つつ増やすようにすれば、電位差測定部材の組数を増やした分、電位差測定部材において測定可能な直流電位差の範囲を拡大させることができる。また、赤色発光ダイオード $1_3$ を直列接続する場合、少なくとも1つの赤色発光ダイオード $1_3$ に代えて通常のダイオードを、赤色発光ダイオード $1_3$ の極性と同じ極性になるように接続すれば、その直列接続回路の発光しきい値電圧を変えずに、全て赤色発光ダイオード $1_3$ を接続した場合と同じ機能を発揮させることができる。

## 【 0 0 3 8 】

なお、第4の実施の形態による電位差測定部材においては、発光ダイオードとして赤色発光ダイオード $1_3$ を用いた例を挙げて説明したが、赤色発光ダイオード $1_3$ の代わりに他の発光色の発光ダイオード、例えば青色発光ダイオード $1_4$ を用いてもよいことは勿論である。

## 【 0 0 3 9 】

続いて、図6は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第5の実施の形態を示す回路構成図であって、電位差測定部材において測定可能な直流電位差の範囲を拡大するようにした他の一つの回路例を示すものであり、発光ダイオード1を流れる電流を制限する抵抗素子を直列接続しているものである。なお、図6において、図1に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

## 【 0 0 4 0 】

図6に図示されるように、第5の実施の形態による電位差測定部材は、発光ダイオード1とコンデンサ2との並列接続回路に直列に抵抗素子19を接続しているものである。抵抗素子19を接続したことにより、発光ダイオード1に過剰電流が流れることを防止するとともに、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差が発光ダイオード1の端子間電圧と抵抗素子19の端子間電圧に分圧されるので、発光ダイオード1に印加される電圧を導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間の直流電位差よりも小さくすることができ、その分、電位差測定部材における測定可能な直流電位差の範囲を拡大することができる。そして、この場合においても、発光ダイオード1から出力される放射光4の検出を、目視あるいはCCDカメラ等で行うこ

とができるので、検出出力の取り出しに別途接続導線や探針等を必要としない。

【 0 0 4 1 】

また、抵抗素子 1 9 の接続は、図 2 乃至図 5 に図示された各電位差測定部材においても、同じような状態で各発光ダイオード  $1_1$  乃至  $1_5$  に直列接続することができ、それによって同じように測定可能な直流電位差の範囲を拡大することができるようになる。

【 0 0 4 2 】

次に、図 7 (a)、(b) は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 6 の実施の形態を示す回路構成図であって、一方の導体アンテナの構成を変化させたものであり、(a) は上面図、(b) はその A-A 線部分の断面図である。なお、図 7 において、図 2 に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

【 0 0 4 3 】

図 7 (a)、(b) に示されるように、第 6 の実施の形態による電位差測定部材は、楕形導体アンテナ 2 0 とアルミ薄膜からなる導体アンテナ  $3_2$  との間に、逆並列接続された 2 個の発光ダイオード  $1_1$ 、 $1_2$  と、それに並列接続されたコンデンサ 2 とが接続された構成のもので、半導体ウエハ 5 表面に被覆された絶縁膜 6 上に配置接続されている。この場合、楕形導体アンテナ 2 0 は、絶縁膜 6 上に配置された半導体基板  $20_1$  と半導体基板  $20_1$  上にラインアンドスペース状に加工されたレジスト  $20_2$  とによって形成されている。レジスト  $20_2$  におけるラインアンドスペース状のパターンは、半導体製造工程中にリソグラフィーによって形成されるもので、ラインとスペースの各サイズは数  $\mu\text{m}$  以下の微細なものである。導体アンテナ 2 0 をこのような構造にすると、一般に電子シェーディングと呼ばれる現象により、プラズマ中の半導体ウエハ 5 に生じる直流電位差を測定できる。プラズマ中に置かれた半導体ウエハ 5 に入射するイオンは、加速されるために半導体ウエハ 5 にほぼ垂直に入射する。一方、電子は質量が小さいために、熱によるランダムな方向の速度が大きく、半導体ウエハ 5 にランダムな方向から入射する。このため、半導体ウエハ 5 上に数  $\mu\text{m}$  以下の微細な溝や孔からなる微細パターンを持ったレジスト  $20_2$  がある場合、イオンは微細パターンの

底部まで到達するが、電子はレジスト 20<sub>2</sub> に入射する。その結果、レジスト 20<sub>2</sub> は、微細パターンの底部が正に、微細パターンの壁部が負に帯電するもので、この現象を電子シェーディングと呼んでいる。半導体素子の加工においては、一般に微細パターンの底部がゲート酸化膜に接続されている場合が多く、それによりゲートが帯電して絶縁破壊が生じることになるので、電子シェーディングの測定を行う必要がある。

## 【0044】

図7(a)、(b)に図示の櫛形導体アンテナ20は、半導体基板20<sub>1</sub>が電子シェーディングにより正に帯電し、それにより櫛形導体アンテナ20と導体アンテナ3<sub>2</sub>間に直流電位差を生じるので、2個の発光ダイオード1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>の中のいずれかが放射光4を出力し、その光強度から電子シェーディングの発生の度合いを測定することができる。電子シェーディングの測定においては、位置間の直流電位差が重ならないように、2個の発光ダイオード1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>の両端に接続される櫛形導体アンテナ20と導体アンテナ3<sub>2</sub>とを近接配置するのが好ましい。また、電子シェーディングと半導体ウエハ5表面の直流電位差が重なったものを測定するときは、櫛形導体アンテナ20と導体アンテナ3<sub>2</sub>とを離間配置すればよい。

## 【0045】

次いで、図8は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第7の実施の形態を示す回路構成図であって、他方の導体アンテナの構成を変化させたものであり、(a)は上面図、(b)はその横断面図である。なお、図8において、図2に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

## 【0046】

図8(a)、(b)に示されるように、第7の実施の形態による電位差測定部材は、アルミ薄膜からなる導体アンテナ3<sub>1</sub>と埋込形導体アンテナ21との間に、逆並列接続された2個の発光ダイオード1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>と、それに並列接続されたコンデンサ2とが接続された構成のもので、半導体ウエハ5表面に被覆された絶縁膜6上に配置接続されている。この場合、埋込形導体アンテナ21は、絶縁膜

6の一部に設けた孔部 $21_1$ を通して半導体ウエハ5表面に直接接続されているものである。このような構成による導体アンテナ21を用いれば、絶縁膜6上の点と半導体ウエハ5表面の点との間に生じる直流電位差を直接的に測定することができる。

## 【0047】

続いて、図9は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第8の実施の形態を示す回路構成図であって、発光ダイオードに光ファイバーを接続したものである。なお、図9においても、図2に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

## 【0048】

図9に示されるように、第8の実施の形態による電位差測定部材は、半導体ウエハ5表面に被覆された絶縁膜6上に配置接続されているもので、導体アンテナ $3_1$ 、 $3_2$ 間に、逆並列接続された2個の発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ と、それに並列接続されたコンデンサ2とが接続され、かつ、2個の発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ にそれぞれ光ファイバー $22_1$ 、 $22_2$ の一端が接続されているもので、光ファイバー $22_1$ 、 $22_2$ の他端を2個の発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ の放射光4を観察可能な位置まで導出しているものである。このような構成にすれば、プラズマ発生装置に、半導体ウエハ5上の極く一部だけを観察可能な覗き窓がある場合や半導体ウエハ5の側面方向だけを観察できる覗き窓がある場合に、電位差測定部材をその覗き窓から半導体ウエハ5上を観察できない箇所に配置接続したとき、2個の発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ からの出力放射光4をそれぞれ光ファイバー $22_1$ 、 $22_2$ を通して覗き窓まで有効に導くことが可能になる。

## 【0049】

なお、これらの光ファイバー $22_1$ 、 $22_2$ は、発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ からの出力放射光4を覗き窓まで導けばよいもので、従前の接続導線と異なり、プラズマ発生装置に接続端子等を設ける必要がないものである。このため、第8の実施の形態においても、発光ダイオード $1_1$ 、 $1_2$ から出力される放射光4の検出を、目視あるいはCCDカメラ等で行うことができ、検出出力の取り出しに別途接続導線や探針等を必要としないという効果を有している。

## 【 0 0 5 0 】

続く、図 1 0 ( a ) 乃至 ( c ) は、本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 9 の実施の形態を示す構成図であって、半導体ウエハ 5 上に電位差測定部材を一体形成した例を示すものであり、( a ) は上面図、( b ) はその A - A 線部分の断面図、( c ) はその B - B 線部分の断面図である。なお、図 1 0 ( a ) 乃至 ( c ) において、図 1 に示された構成要素と同じ構成要素については同じ符号を付けている。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 0 ( a ) 乃至 ( c ) に示されるように、第 9 の実施の形態による電位差測定部材は、ガリウム砒素 ( G a A s ) 等からなる半導体ウエハ 5 上に電位差測定部材が形成されたもので、半導体ウエハ 5 にイオン注入等によって n 型半導体領域  $5_1$  と p 型半導体領域  $5_2$  とからなる発光ダイオード 1 が形成され、この p n 接合部が放射光 4 を出力する。発光ダイオード 1 の形成部分を含む半導体ウエハ 5 上に第 1 絶縁膜 2 3 が被覆され、第 1 絶縁膜 2 3 は、n 型半導体領域  $5_1$  上及び p 型半導体領域  $5_2$  にそれぞれ半導体ウエハ 5 に達する開口 2 4、2 5 を有している。第 1 導体 2 6 は、一端側が開口 2 5 を通して p 型半導体領域  $5_2$  に接続され、他端側が第 1 絶縁膜 2 3 上に沿って延在配置される。一方の導体アンテナ  $3_1$  は、一端側が開口 2 4 を通して n 型半導体領域  $5_1$  に接続され、他端側が第 1 絶縁膜 2 3 上に沿って延在配置される。他方の導体アンテナ  $3_2$  は、第 1 導体 2 6 の他端に接続された状態で第 1 絶縁膜 2 3 上に形成される。第 2 絶縁膜 2 7 は、他方の導体アンテナ  $3_2$  の一部の上側に形成配置される。第 2 導体 2 8 は、一方の導体アンテナ  $3_1$  に接続された状態で第 2 絶縁膜 2 7 の上側に形成配置される。第 3 絶縁膜 2 9 は、第 1 導体 2 6 と第 2 導体 2 8 と他方の導体アンテナ  $3_2$  の各露出部を被覆するように、かつ、第 1 導体 2 6 と一方の導体アンテナ  $3_1$  とを絶縁するように配置形成される。この場合、第 2 絶縁膜 2 7 を介する他方の導体アンテナ  $3_2$  と第 2 導体 2 8 との対向配置部分がコンデンサ 2 を形成しており、このコンデンサ 2 が発光ダイオード 1 に並列接続される。

## 【 0 0 5 2 】

この第 9 の実施の形態によれば、半導体ウエハ 5 上の一方の導体アンテナ  $3_1$

と他方の導体アンテナ $3_2$ 間の直流電位差に応じて発光ダイオード1から放射光4が出力され、その光強度を検出することにより直流電位差を測定することができる。

【0053】

この場合、放射光4は、第2導体28ポリシリコン等の光透過性物質で、また、第3絶縁膜29を同じく光透過性物質で構成することにより、外部に放射させることができる。また、放射光4の通過部分に透明絶縁膜で覆われた窓を設けるようにしても、同じように外部に放射させることができる。

【0054】

この他に、発光ダイオード1を形成する方法としては、シリコン半導体ウエハ5上に、一方の導体アンテナ $3_1$ と他方の導体アンテナ $3_2$ とを形成するとともに、コンデンサ2を形成し、この後で一方の導体アンテナ $3_1$ 及び他方の導体アンテナ $3_2$ またはコンデンサ2の形成領域にイオンビーム加工方法等を用いて発光ダイオード1の微細チップを埋込み、前記構成のものと同一ものを形成するようにしてもよい。

【0055】

以上、第1乃至第9の実施の形態による電位差測定部材においては、主として半導体ウエハ5表面上の直流電位差を測定する場合の例を挙げたものであるが、本発明による電位差測定方法は半導体ウエハ5表面上の直流電位差を測定するものに限られず、プラズマ中の2点間あるいは直流電位差を生じている空間内の2点間の直流電位差についても同様に測定することができるものである。

【0056】

また、第1乃至第9の実施の形態による電位差測定部材においては、発光素子として可視光を発生する発光ダイオードを用いた例を挙げて説明したが、本発明による電位差測定方法は発光素子が可視光を発生する発光ダイオードである場合に限られず、赤外光を発生する発光ダイオードであってもよく、発光ダイオードに類似の他の発光素子であってもよい。この場合、発光素子に赤外光を発生する発光ダイオードを選択したとすれば、放射光の検出にCCDカメラの代わりに赤外光センサを用いることは勿論である。

## 【 0 0 5 7 】

さらに、第 1 乃至第 9 の実施の形態による電位差測定部材においては、交流電圧バイパス素子としてコンデンサ 2 を用いた例を挙げて説明したが、本発明による電位差測定方法は交流電圧バイパス素子がコンデンサ 2 である場合に限られず、コンデンサ 2 と他の素子とを組み合わせた複合素子であってもよい。

## 【 0 0 5 8 】

また、本発明による電位差測定方法の対象となる半導体ウエハ 5 を内蔵したプラズマ発生装置は、半導体ウエハ 5 をエッチングするものに限らず、膜堆積を行うもの、レジストを除去するもの等であっても同様に適用することが可能なものである。

## 【 0 0 5 9 】

## 【発明の効果】

以上のように、本発明の電位差測定方法によれば、一対の導体アンテナを被測定物体の各電位測定点にそれぞれ配置接続すると、各電位測定点間に直流電位差がある場合、その直流電位差に応じて発光素子、好ましくは発光ダイオードが発光するので、被測定物体が内蔵されている機器、例えばプラズマ発生層の外部からその発光強度を目視により、または、CCD カメラ等の光学機器で検出することにより、各電位測定点間の直流電位差を測定することができるものであって、その際に、検出出力を取り出すための接続導線や、検出用導体針を埋め込んだ試料台を設ける必要がなくなり、簡単な構成を有する電位差測定部材を用いることにより、被測定物体上の直流電位差を簡便な手段によって測定を行うことが可能になるという効果がある。

## 【 0 0 6 0 】

また、本発明の電位差測定方法によれば、発光素子に並列に交流電圧バイパス素子、好ましくはコンデンサが接続されているので、各電位測定点間に発生する交流電位差はこの交流電圧バイパス素子によりバイパスされ、各電位測定点間の直流電位差だけを測定することができるという効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】



本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 1 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 2】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 2 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 3】

本発明の電位差測定方法が実施されるプラズマ発生装置の概略構成を示す断面図である。

【図 4】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 3 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 5】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 4 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 6】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 5 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 7】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 6 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 8】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 7 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 9】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 8 の実施の形態を示す回路構成図である。

【図 1 0】

本発明による電位差測定方法に用いられる電位差測定部材の第 9 の実施の形態を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1、 $1_1$ 、 $1_2$  発光ダイオード（発光素子）
- $1_3$  赤色発光ダイオード
- $1_4$  青色発光ダイオード
- 2 コンデンサ（交流電圧バイパス素子）
- $3_1$ 、 $3_2$  導体アンテナ
- 4 放射光
- 5 半導体ウエハ
- $5_1$  n型半導体領域
- $5_2$  p型半導体領域
- 6 絶縁膜
- 7 真空容器
- 8 マイクロ波導入窓
- 9 電磁石
- 1 0 試料台
- 1 1 排気口
- 1 2 マイクロ波導波管
- 1 3 マイクロ波電源
- 1 4 高周波電源
- 1 5 覗き窓
- 1 6 C C D（電荷結合素子）カメラ
- 1 7 干渉フィルタ
- 1 8 信号処理装置
- 1 9 抵抗素子
- 2 0 櫛形導体アンテナ
- $2 0_1$  半導体基板
- $2 0_2$  レジスト
- 2 1 埋込形導体アンテナ
- $2 1_1$  孔部

2 2<sub>1</sub>、2 2<sub>2</sub> 光ファイバー

2 3 第 1 絶縁膜

2 4、2 5 開口

2 6 第 1 導体

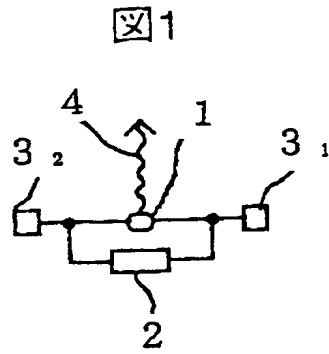
2 7 第 2 絶縁膜

2 8 第 2 導体

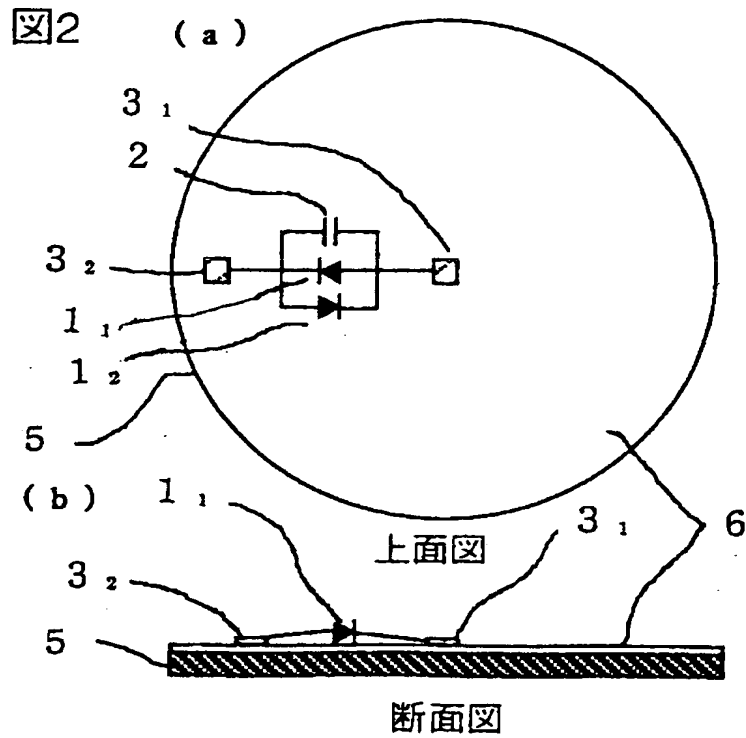
2 9 第 3 絶縁膜

【書類名】 図面

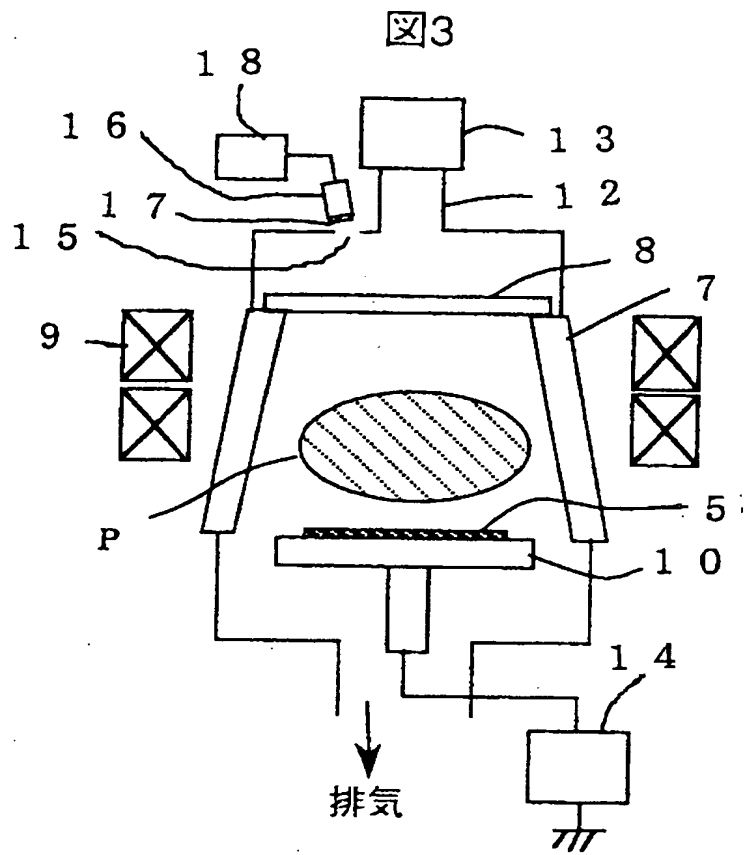
【図1】



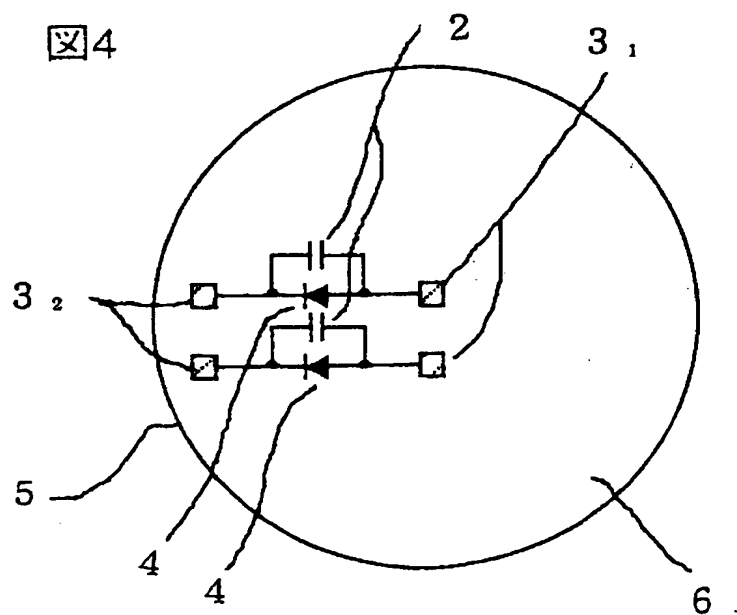
【図2】



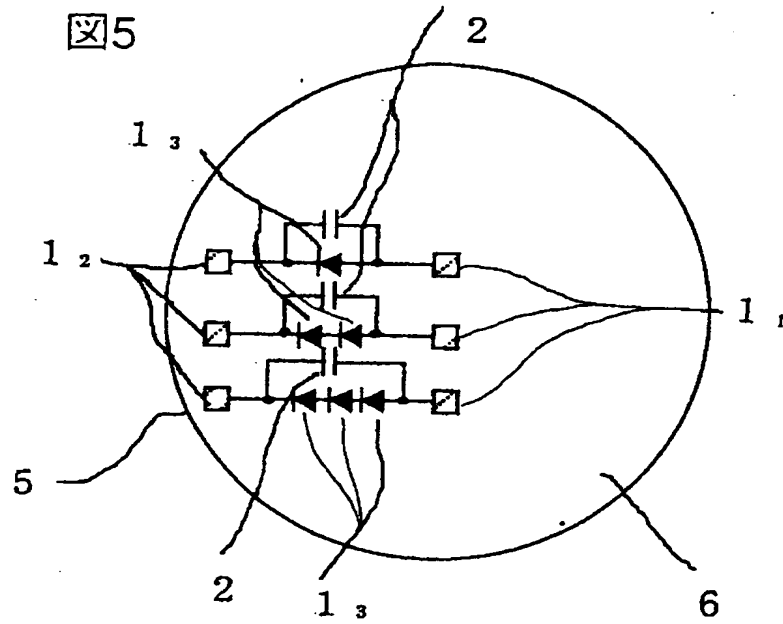
【図 3】



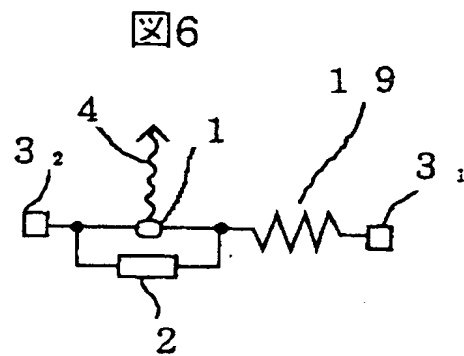
【図 4】



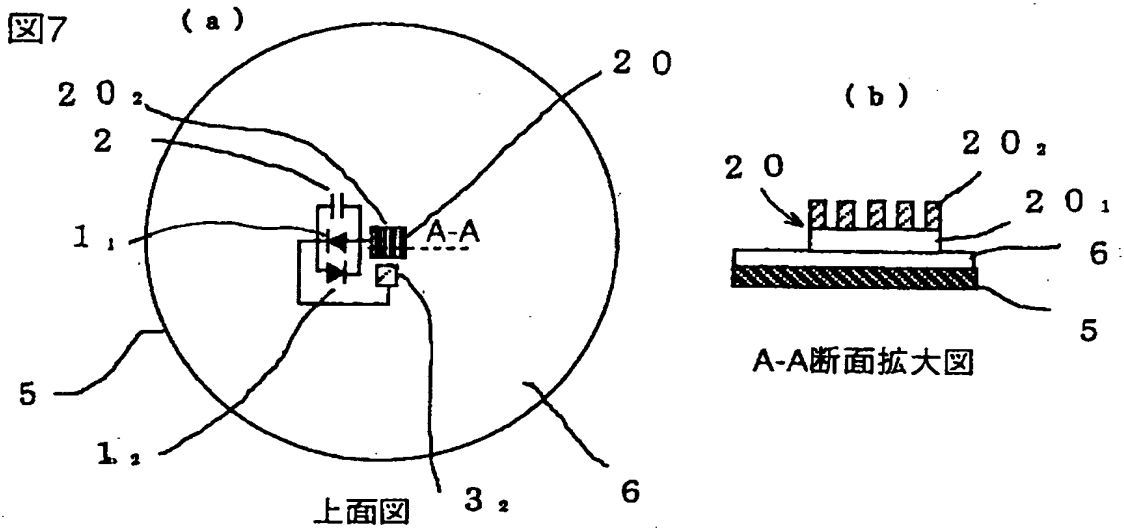
【図5】



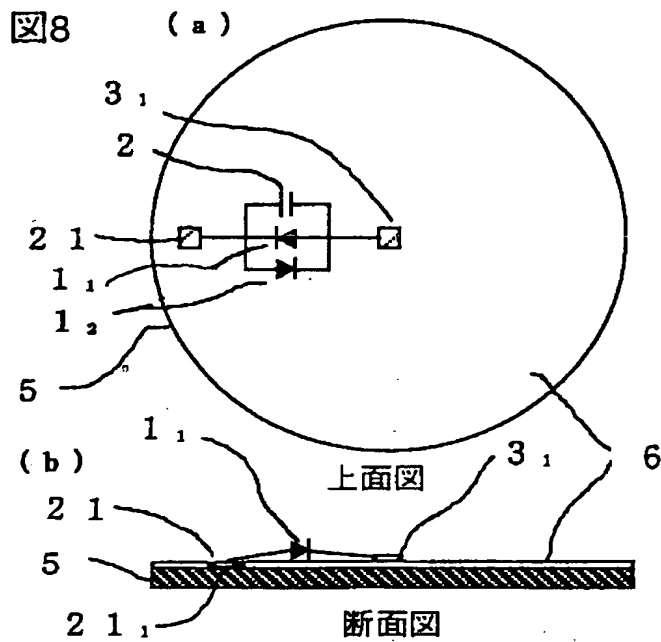
【図6】



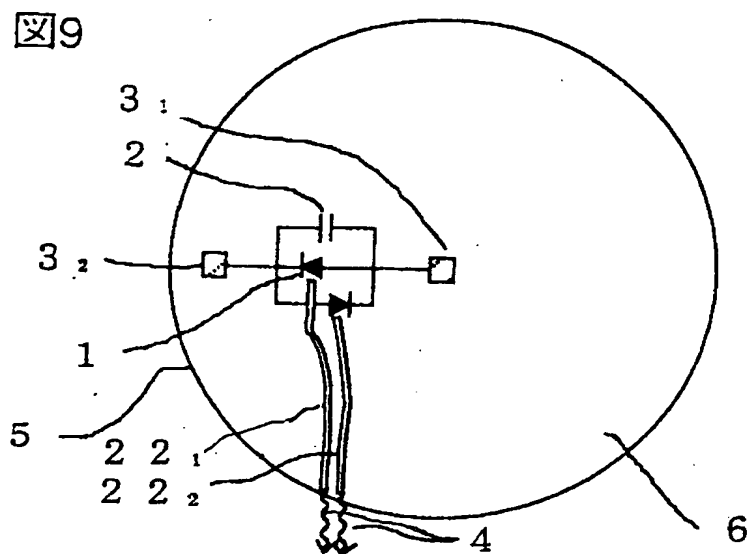
【図7】



【図8】



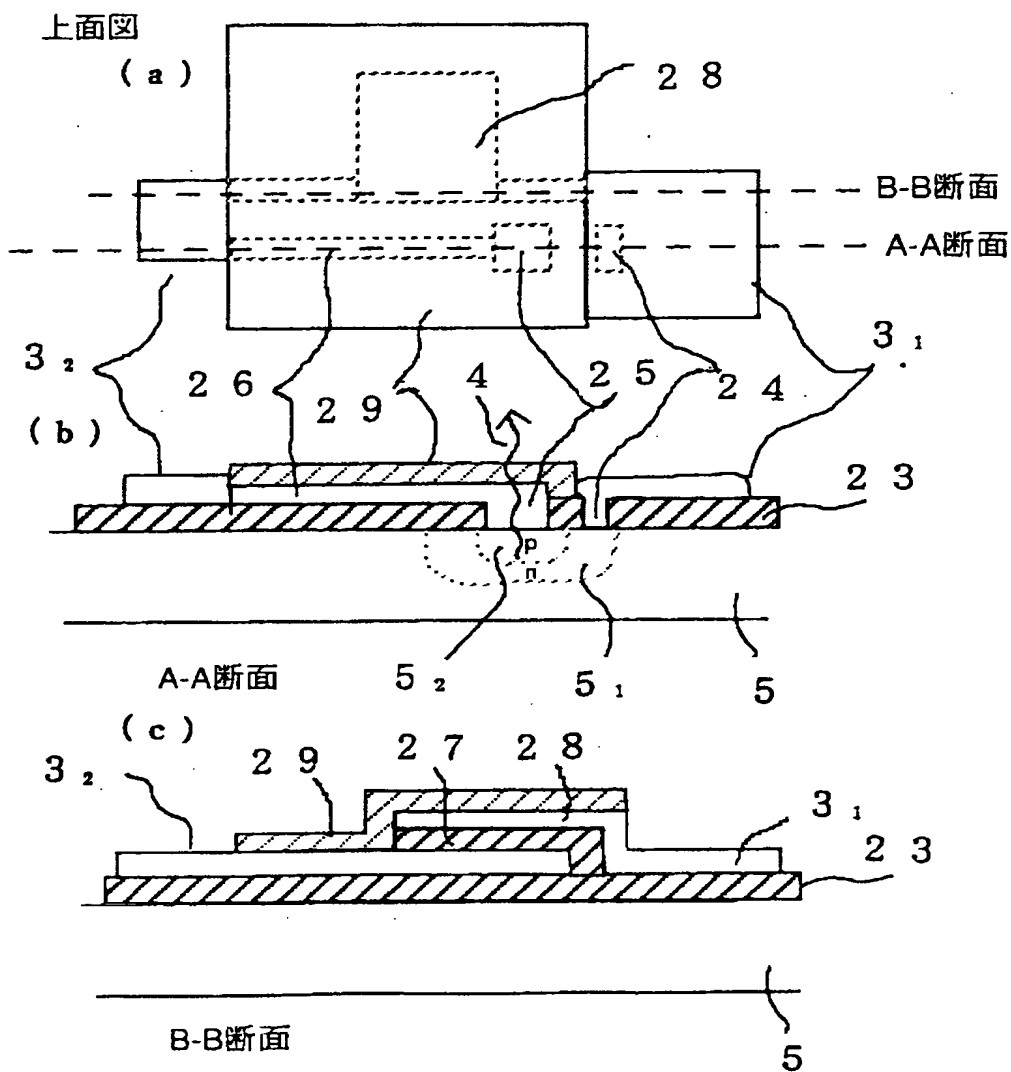
【図9】





【図10】

図10



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    簡単な構成を有する電位差測定部材を用い、被測定物体上の直流電位差を簡便な手段によって測定を行うことができる電位差測定方法を提供する。

【解決手段】    一対の導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  と、一対の導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  間に接続された発光ダイオード 1 と、発光ダイオード 1 に並列接続されたコンデンサ 2 とを備えた電位差測定部材を用いる電位差測定方法であって、一対の導体アンテナ  $3_1$ 、 $3_2$  を被測定物体の電位測定点にそれぞれ配置接続し、そのときに発光ダイオード 1 が出力する放射光 4 の光強度を検出することによって各電位測定点の直流電位差を測定する。

【選択図】            図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所